Aus dem zahnärztlichen Institut der Universität Breslau
Direktor: **Professsor Dr. Euler**, Burgfeld 17—19

Die Gefahr des Injektions-Kanülenbruches vom material-technischen Standpunkte.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung

der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau

vorgelegt von

Hans Fielitz
Zahnarzt

Breslau 1932
Druck von Anton Schreiber, Breslau

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Breslau

I. Referent: Professor Dr. Wilhelm Meyer

II. = Professor Dr. Hermann Euler

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die Gefahr des Injektions-Kanülenbruches vom material-technischen Standpunkte.

Nirgend hat die Localanästhesie eine so überragende Bedeutung wie auf dem Gebiete der Zahnheilkunde. Sie ist die Anästhesierungsmethode, die sich in 30 Jahren gerade hier, zur Anästhesierung der Zähne und ihrer Umgebung so durchgesetzt hat, daß ihr bis jetzt keine andere Methode ernstlich Abbruch tun konnte. Die Vorteile des chirurgischen Arbeitens im anämischen, gut übersichtlichem Gebiete bei voller Erhaltung aller wichtigen Reflexe sind im Vergleich zur Narkose zu groß, als daß man je darauf wieder verzichten könnte. Schon Schleich hat gesagt, daß sich derjenige Arzt einer Fahrlässigkeit schuldig mache, der dort die Narkose anwendet, wo er mit der Localanästhesie dasselbe erreicht.

Wenn auch die Localanästhesie große Vorteile gegenüber der Narkose hat, so ist sie doch nicht ganz gefahrlos. Reisky stellte die Gefahrenmomente und Kontraindikationen folgendermaßen zusammen:

1. Kontraindikation bei phlegmonösen Prozessen, Ostitiden, schwerer Kieferklemme und mitunter bei schwerer Hysterie. Vorsicht bei sehr nervösen und herzkranken Personen.
2. Infektion durch ungenügende Asepsis
   a) der Hände,
   b) des Instrumentariums (Spritze, Kanüle, Ampulle),
   c) der Lösung,
   d) der Mundhöhle.
3. Infektion infolge Nichtbeachtung von Entzündungsprozessen.

4. Schädigungen durch stumpfe oder an der Spitze verbogene Kanülen.
5. Schädigungen durch Bruch der Kanüle.
6. Schädigungen durch mangelhaftes Spritzenmaterial.
7. Schädigungen durch ungenügende Technik und Fehler des Arztes.
8. Idiosynkrasie.
9. Schädigungen durch Gefäßverletzungen
   a) durch zu große Konzentration,
   b) durch falsche Dosierung,
   c) durch bakterielle oder chemische Zersetzungen,
   d) durch Verwechslung.
11. Üble Zufälle.
12. Nachschmerzen.
13. Nachblutungen.

Bei der Betrachtung dieser Gefahrenmomente für die Localanästhesie muß man feststellen, daß einige Punkte nicht einmal als Kontraindikation der Methode selbst gelten können (Punkt 7 und 11). Schädigungen durch Fehler des Arztes und üble Zufälle können bei jeder ärztlichen Tätigkeit überhaupt auftreten. Einige Punkte können auch nicht als spezifische Gefahrenmomente der Methode bewertet werden (Punkt 12 und 13). Wichtig aber sind Gefahrenmomente, die in der Methode selbst und im Instrumentarium begründet sind. Wichtig vor allem ist hierbei Punkt 4 und 5, Schädigungen durch verbogene oder stumpfe Kanüle und Schädigungen durch Bruch der Kanüle. Dies sind für die Localanästhesie spezifische Gefahren, die uns bei ihrer Anwendung vor Augen stehen müssen, und diese Punkte, vor allem der Bruch der Kanüle, sollen hier der Erörterung unterzogen werden.

Die Beachtung, die man diesen Gefahrenmomenten schenkte, stieg mit der Anwendung der Methode, vor allem der Anwendung der Leitungsanästhesie im Bereich des für uns wichtigen Kopfnerven V (Trigeminus). Auch bei der terminalen Injektion besteht die Gefahrenquelle, aus leicht ersichtlichen Gründen aber längst nicht in dem Maße wie bei der Leitungsanästhesie. Flacher, meist gut übersichtlicher Einstich und einfache Entfernungsmöglichkeit des Bruchstückes machen diesen Zufall wohl zu einem unange-

nehmen, aber leicht zu behebenden Ereignis. Weit unangenehmer ist der Kanülenbruch bei der Leitungsanästhesie, wo wir meist längere Kanülen tiefer ins Gewebe einstechen müssen, und wo bei Bruch der Kanüle eine weit größere Gefahr für den Patienten besteht, als bei der oberflächlichen terminalen Anästhesie. Die Entfernung ist schwierig, manchmal der Versuch ohne Erfolg. Der chirurgische Eingriff zur Entfernung einer tief im Gewebe steckenden Kanüle ist groß und nicht ungefährlich. Andererseits kann aber auch eine im Gewebe zurückbleibende Kanüle eine große Gefahr für den Patienten bedeuten.

In der Zahnheilkunde wird die Leitungsanästhesie am häufigsten für den nervus alveolaris inferior am foramen mandibulare angewendet. Und so sieht man naturgemäß am häufigsten bei dieser Leitungsanästhesie Kanülen brechen. Daher soll unser Augenmerk vor allem auf diese Anästhesie gerichtet sein.

Zunächst muß die Frage beantwortet werden, ob die Häufigkeit, mit der der Bruch gerade bei der Mandibular-Anästhesie vorkommt, im Verhältnis zu der Häufigkeit der Anwendung der Methode überhaupt steht, oder ob diese Methode besondere Dispositionen für den Bruch der Kanüle abgibt. Wir glauben, daß gerade bei dieser Methode die Möglichkeit zum Bruch der Kanüle aus zweierlei Gründen ganz besonders gegeben ist:

1. a) weil die Injektion an einem beweglichen Knochen ausgeführt wird, dessen völlige Ruhigstellung zum Gesamtschädel praktisch nicht in Frage kommt. Man wird plötzliche Öffnungs- und Schlußbewegungen des Kiefers nicht verhindern können, da sie zum Teil reflektorisch gewissermaßen als Abwehr gegen Schmerzen bei der Einführung der Nadel und mit großer Gewalt zustande kommen.

   b) weil auch die Ruhigstellung des Gesamtschädels nicht völlig möglich ist und auch hier Bewegungen durch den Patienten erfolgen können, die zum Abbruch der Kanüle Veranlassung geben.

2. weil in der meist geübten Methode eine gewisse Gefahr für den Bruch der Kanüle liegt. Man muß näm-

lich in einem, wenn auch meist sehr spitzen Winkel zur Innenseite des Ramus ascendens im Kontakt mit dem Knochen die Kanüle vorführen. Winkelstellung und Kontakt mit dem Knochen bringen oft eine Abbiegung der Kanüle zustande, die zu ihrem Bruch führen kann. Von der Methode ganz zu schweigen — da nach unserem Begriff falsch —, wo die Spritze noch Schwenkungen erfahren soll, wenn die Kanüle schon in die Weichteile eingestochen ist.

Und zu dieser Ungunst der Verhältnisse, wie sie unter 1 und 2 beschrieben sind, kommt außerdem noch die große Bruchbereitschaft vieler Kanülensorten, die teils in der Beschaffenheit (Stärke), teils in dem Kanülenmaterial begründet ist. Darauf soll jetzt hier ganz ausführlich eingegangen werden. Hauptaufgabe dieser Arbeit ist es, möglichst die Kanüle zu finden, die die größte Sicherheit gegen Bruch bietet.

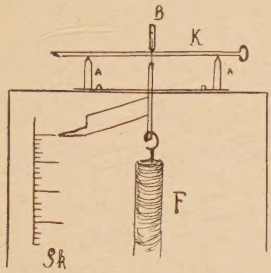
Die Praxis zeigt, daß der Bruch bei den Kanülen aller Stärken meist am Austritt aus dem Ansatzstück oder am Konus erfolgt. Es sind dies die Stellen der größten Beanspruchung des Materials, wenn man von groben Materialfehlern absehen will, die später noch zu erwähnen sind. Deshalb wurden unsere Versuche hauptsächlich so angeordnet, daß die Kanüle auf ihre Festigkeit bei maximaler Abbiegung über der Austrittsstelle geprüft wurde. Zweck dieser Prüfung war es, vor allem vergleichende Resultate für die Beurteilung der Kanülen zu gewinnen. Da es in der Praxis und am Patienten nicht möglich ist, einwandfreie und vergleichbare Resultate zu erzielen, wurden die Kanülen in einem einfachen Laboratoriumsversuch vergleichend untersucht. Es wurden nicht nur die Stärke 17 (0,47 mm), sondern auch die Stärke 1 (0,9 mm) der langen Kanüle (42 mm) herangezogen, um so für dieselbe Kanülenart vergleichende Werte zu gewinnen.

Materialprüfungen im großen Stil sind speziell für diese Methode noch nicht veröffentlicht. Es liegt nur eine Materialprüfung von Greve vor (1923), die sich aber unter anderem besonders auf die Elastizität und die zum Bruch einer Kanüle nötigen Kräfte bezog. Darüber soll hier zunächst berichtet werden.

An die Kanüle stellt Greve folgende Forderungen:

1. absolut sichere Sterilisierbarkeit,
2. Haltbarkeit der Kanüle gegenüber chemischen und mechanischen Insulten,
3. dichter Abschluß der Kanüle an der Spritze,
4. Forderungen wirtschaftlicher Art, Preiswürdigkeit.

Erste Versuchsanordnung: Zur Untersuchung kommt die Kanüle Nr. 1 (0,9 mm):



K Kanüle
A Auflagerung
B Belastungsschneide
F Zugfeder
Sk Skala

Die an ihren Enden auf zwei Trägern aufliegende Kanüle wird in der Mitte senkrecht zu ihrer Länge durch eine Federschraube belastet. Die Dehnung der Feder wird umgerechnet auf Gramm, so daß im Moment des Bruches die hierzu nötige Kraft abzulesen ist. Untersucht wurden folgende Kanülen:

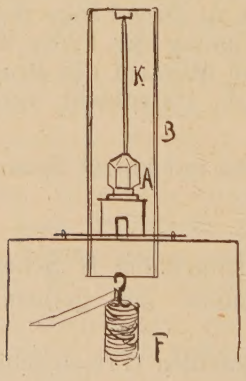
1. die auswechselbare Hohlnadel mit kurzer Spitze (Hohlnadelgesellschaft).
2. Niko-Kanülen (E. Masarey).
3. Stahlkanülen ohne Naht (Grünebaum & Scheuer).
4. verbesserte aseptische Kanülen mit gelbem Konus (E. Masarey).
5. verbesserte aseptische Stahlkanülen (Freienstein).
6. Tantal-Kanülen (de Trey).

Untersucht wurden von jeder Kanüle 5 Stück, von den besonders teuren Tantal-Kanülen je 3 Stück. Die erste von

Greve angegebene Tabelle gibt die Bruchfestigkeit der intakten Kanüle. Die zweite Tabelle gibt die Werte für Kanülen, die einer dauernden Sterilisation, wie sie die Praxis mit sich bringt, unterworfen waren. Die so gefundenen Durchschnittswerte sind folgende:

	Bezeichnung	Tabelle 1	Tabelle 2
1	Hohlnadel . . . . . (Hohlnadel-Gesellschaft)	1606 Gr.	1560 Gr.
2	Niko-Kanülen . . . . . (Masarey)	930 „	792 „
3	Stahlkanülen . . . . . (Grünebaum & Scheuer)	2294 „	2072 „
4	Verbesserte Stahlkanülen . . (Masarey)	1788 „	1668 „
5	Verbesserte Stahlkanülen . . (Freienstein)	1930 „	1594 „
6	Tantal-Kanülen . . . . . (de Trey)	1943 „	1963 „

Eine zweite Versuchsanordnung beanspruchte die Kanüle in folgender Weise:



K Kanüle

A Ansatzstück

B Belastungsbügel

F Zugfeder

Die senkrecht auf einem Lager montierte Spritze mit der Kanüle wird senkrecht von oben nach unten, in ihrer

Längsrichtung, durch die oben erwähnte Federschraube belastet. Die Kanüle biegt sich bei diesem Versuch bis zu ihrem Bruch. Es zeigt sich dabei, wie Greve berichtet, folgendes:

„Bei allen Nadelsorten erfolgt aber nicht gleich bei der ersten Biegung der Kanüle ein Bruch, sondern nur bei den Stahlkanülen 1, 3 und 5 der Tabellen. Bei den übrigen Sorten erfolgte auch eine anfangs mehr gleichmäßige Biegung der ganzen Kanüle, schließlich eine mehr oder minder plötzliche häufig rechtwinklige Abknickung. In dem Augenblick, wo die Knickung erfolgte, wurde die der Zeigerstellung entsprechende Kraft ermittelt und aufgezeichnet. Es wurde dann versucht, die Kanüle wieder gerade zu richten, während dies bei den Niko-Kanülen und Tantal-Kanülen gelang, führten diese Bemühungen bei den verbesserten aseptischen Kanülen mit gelbem Konus der Firma E. Masarey zum Bruch der Nadeln."

Untersucht wurden auch hier die intakten Kanülen und die einer täglichen Sterilisation unterzogenen Kanülen. Die so gefundenen Durchschnittswerte der Biegefestigkeit sind folgende:

	Bezeichnung	Tabelle 3	Tabelle 4
1	Hohlnadel (Hohlnadel-Gesellschaft)	992 Gr.	848 Gr.
2	Niko-Kanülen (Masarey)	510 „	516 „
3	Stahlkanülen ohne Naht (Grünebaum & Scheuer)	1420 „	1320 „
4	Verbesserte Stahl-Kanülen (Masarey)	1162 „	1320 „
5	Verbesserte Stahl-Kanülen (Freienstein)	742 „	734 „
6	Tantal-Kanülen (de Trey)	1250 „	1246 „

Greve faßt seine Versuche folgendermaßen zusammen: „Die für die Praxis wertvollen Schlüsse, die sich aus Tab. 3 und 4 ziehen lassen, lassen sich vielleicht dahin zusammen-

fassen, daß für Stahlkanülen bei längerem, oft wiederholtem Gebrauch mit einer Minderung der Biegefestigkeit zu rechnen ist, besonders wenn man noch den Einfluß mechanischer Beanspruchung mit hinzu rechnet, während sie für die Niko- und Tantal-Kanülen nicht nachweisbar waren. Wenn wir uns schließlich ein Gesamturteil aus den angestellten Versuchen zu bilden bemühen, so können wir es vielleicht dahin abgeben, daß die Tantal-Kanülen bezüglich der verglichenen Momente als die besten anzusehen sind. Wenn die verglichenen Stahlkanülen auch annähernd gleiche oder zum Teil sogar höhere Festigkeitswerte ergeben haben, so ist auf Grund ihrer Sprödigkeit am Patienten doch mit einer größeren Bruchgefahr bei plötzlicher Beanspruchung zu rechnen. Die Niko-Kanülen weisen zwar die niedrigsten Werte bei Beanspruchung auf Bruch und Biegung auf, aber da bei ihnen diese Kräfte nur eine starke Deformierung und erst bei mehrfacher Wiederholung völlige Kontinuitätstrennung herbeiführen, ist bei ihnen die aus einem Nadelbruch bei Mandibular-Anästhesie entstehende Komplikation weniger zu fürchten als bei Stahlkanülen."

Über die Beurteilung der gewonnenen Werte sagt Greve noch:

„Es muß an dieser Stelle besonders betont werden, daß es sich bei den so gefundenen Werten natürlich keineswegs um die Feststellung absoluter Festigkeitszahlen für die betreffenden Kanülen handelt. Darauf kommt es mir aber auch nicht an. Es sollten lediglich unter Zugrundelegung stets gleichbleibender Bedingungen Vergleichswerte gefunden werden, die es gestatten, die verschiedenen Kanülenarten zahlenmäßig einander gegenüber zu stellen."

Denselben Zweck haben auch die von uns vorgenommenen Untersuchungen. Da die Versuche Greves nicht so eingehend die Bruchsicherheit der Kanüle prüften, sondern mehr die Elastizität berücksichtigten und da seit der Arbeit Greves viele neue Kanülensorten in den Handel gekommen sind, haben wir eigene Versuche angestellt, die speziell die Bruchsicherheit prüfen sollen. Es wurden die Kanülen in der Stärke 0,47 und 0,9 mm verwendet. Die Kanüle 0,47 ist zwar die gebräuchlichste, aber einige Autoren empfehlen auch Stärken bis zu 0,9 mm, wie eine von

Meyer gegebene Aufstellung zeigt: Es fordern die verschiedenen Autoren:

Neumann	die Stärke von	0,47 mm
Meyer (Port-Euler)		0,47 „
Präger		0,52 „
Fischer (früher)		0,47 „
„ (neuerdings) . . .		0,7 „
Sicher		0,47 „
„		0,75 „
„		0,8 „
Williger		0,9 „

Diese Zusammenstellung Meyers findet sich in einem Gutachten, wo die Frage gestellt war, ob die Nichtverwendung der Kanüle Nr. 1 (0,9 mm) ein Kunstfehler sei, und Meyer kommt zu dem Schluß:

„Die einschlägige Literatur und auch, wie wir wissen, die Praxis lehnt die Ansicht Williger s in bezug auf die Kanülenstärke also ab, so daß von einem Kunstfehler wegen der Benutzung der Kanüle Nr. 17 (0,47 mm) absolut nicht die Rede sein kann."

Es soll auf diese Frage am Schluß, nach den Versuchen, noch einmal kurz eingegangen werden.

Geprüft wurden alle im Handel erreichbaren Kanülensorten: a) rostende, b) nichtrostende.

Rostende Kanülen, auch die sogenannten rostsicheren, vernickelten sollten heute zur Verwendung bei der Leitungs-Anästhesie nicht benützt werden, da sie vor allem bei längerem Gebrauch, bei dauernder Sterilisation, ja schon bei längerem Lagern so starken Rostansatz zeigen, daß sie nicht als einwandfrei bezeichnet werden können, sie wurden aber doch, um Vergleichswerte zu bekommen, mit geprüft.

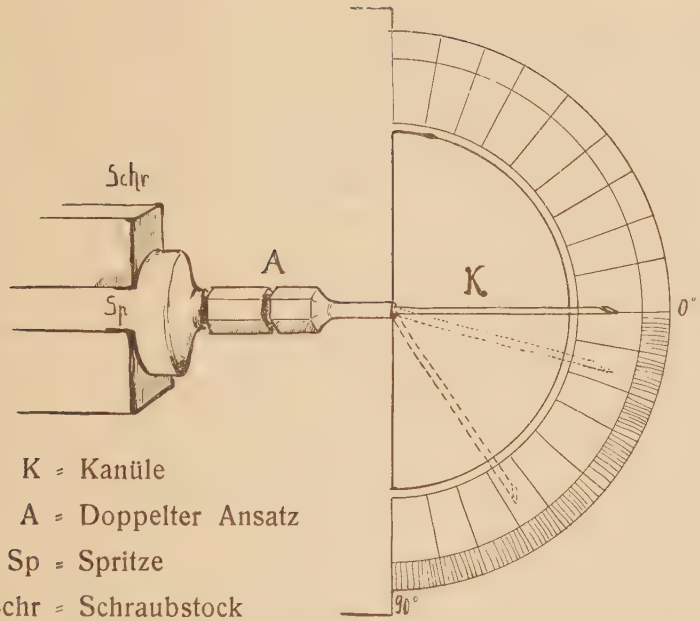
Zunächst folgt eine Zusammenstellung der, von den Kanülenfabriken heute gebrauchten und verarbeiteten Materialien:

Vorherrschend ist immer noch die Stahlkanüle, bevorzugt wegen ihrer Spitzenschärfe und Preiswürdigkeit. Man

muß sich bewußt sein, daß sie schon nach kurzem Gebrauch rostet und längere Verwendung ein außerordentliches Gefahrenmoment für ihren Bruch bedeutet. Man sucht dies zu vermeiden durch Vernickelung oder Verchromung, wie sie fast von allen Fabriken vorgenommen wird, auch diese sogenannte Rostsicherheit schützt auf die Dauer nicht vor Rostansatz.

Den Stahlkanülen gegenüber steht die Gruppe der Kanülen aus rostfreien Materialien, Goldlegierungen, Nickel, Nickellegierungen, V2A-Stahl, Platinlegierungen usw. Diese Kanülen sind z. T. sehr weich und verlieren dann leicht ihre Spitzenschärfe, ergaben aber in den Bruchversuchen ausgezeichnete Resultate und kommen infolge ihrer Rostfreiheit als einzige in engere Wahl für unsere besonderen Zwecke. Wie die Firma Injekta, Berlin, z. B. mitteilte, werden Platin-Osmium und Platin-Iridium aber infolge des hohen Preises nur sehr wenig gekauft. Sie sind auch nach Angabe der Fabrik den Kontrazid-Kanülen in vieler Hinsicht unterlegen, z. B. in bezug auf Härte und Bruchsicherheit. Sämtliche hier aufgeführten Kanülenarten der Fabrikate Freienstein, Injekta, Kratz, Masarey und Schwenn wurden untersucht unter folgenden Gesichtspunkten:

Die Mechanik der Kanülenbeanspruchung im Mund des Patienten ist sehr kompliziert, im Experiment fast gar nicht nachzuahmen. Daher wurde die Versuchsanordnung so einfach wie möglich gewählt. Vor allem spielt die Kraft, die nötig ist, eine Kanüle zur Deformierung oder zum Bruch zu bringen, wie sie Greve in seinen Versuchen ermittelte, bei uns keine Rolle. Die von Greve gezeigten Kräfte von 1000—2000 Gramm für die starke Kanüle — für die Kanüle Nr. 17 (0,47 mm) natürlich bedeutend weniger —, sind im gegebenen Falle, bei heftigen Bewegungen des Patienten oder unsachgemäßer Anwendung der Spritze sicher vorhanden, d. h. es ist sicher eine Kanüle, die im Munde des Patienten fixiert liegt, zu verbiegen. Die Bruchgrenze einer jeden Kanüle ist in demselben Maße, wie sie von der Kraft abhängig ist, auch von dem Winkel, den die Kanüle als Abbiegung verträgt, abhängig. Mit steigender Kraft wächst der Winkel. Diesen Winkel bei dem der Bruch der Kanüle liegt, festzustellen, ist die Aufgabe folgender Versuchsanordnung:



Die Kanüle wird in dem langen Ansatz, wie er in der chirurgischen Abteilung des Breslauer Instituts gebraucht wird, auf die Injektionsspritze montiert. Durch das lange Ansatzstück, das aus zwei Teilen besteht, wird der Biegungswinkel vom Konus fort ungefähr in das erste Drittel der Kanüle gelegt. Außerdem ist durch den zweiteiligen Ansatz der Weichmetallkonus der Kanüle, der sich bei Gebrauch meist breit preßt, leicht aus dem Ansatzstück zu entfernen. Die Spritze mit montierter Kanüle wird in einen Schraubstock gespannt, so, daß die Kanüle über der Skala eines Winkelmessers spielt. An die Kanüle wird ein Spatel gelegt und unter langsamen Handdruck die Kanüle mit dem Spatel abgebogen. Der Lauf der Kanülenspitze über dem Winkelmesser wird von 5 zu 5 Grad abgelesen. In welcher Art nun der Bruch erfolgt, ist bei verschiedenen Arten der Kanülen ganz verschieden und wird im einzelnen noch besprochen. Die nun folgenden Tabellen zeigen die Untersuchungsergebnisse von je 12 Stück der zu untersuchenden Kanülen. Bei Kanülen die hierbei als besonders geeignet

oder als besonders ungeeignet beurteilt wurden, wurde diese Zahl erhöht auf je 24 Stück. Die drei Spalten der Tabelle bedeuten folgendes:

Der Winkel der ersten Kolonne ist ein Wert, den ich als Federungswinkel bezeichnen will, d. h. es ist der Winkel, von dem aus die Kanüle noch ohne Deformierung in die Anfangsstellung (0 Grad) zurückfedert. Gewonnen wurde er auf folgende Weise: Die Kanüle wird gefaßt und von 5 zu 5 Grad mit dem Spatel abgebogen, federt aber nach plötzlichem Zurückziehen des Spatels nach jedem Abbiegen wieder in die Anfangsstellung zurück. Der Winkel, bei dem sie dies nicht mehr tat, bei dem die erste Deformierung eintritt, ist der Federungswinkel. Praktisch hat er folgende Bedeutung: Man weiß, daß bei einer Deformierung der Kanüle dieser Wert überschritten wurde, und man kann aus dem Spielraum, der verbleibt bis zum Bruchwinkel der Kanüle, auf die weitere Haltbarkeit der Nadel schließen. Wie groß dieser Spielraum ist, zeigt die zweite Kolonne, die den Bruchwinkel angibt. Bruch bedeutet bei vielen Kanülen aber noch nicht endgültige Kontinuitätstrennung, sondern oft nur einen Einriß — Infraktion —, manche Kanülen erlauben noch ein weites Zurückbiegen bis zur vollständigen Trennung. Diesen Wert gibt die dritte Kolonne an. Er ist ein Zeichen für die Zähigkeit des verwendeten Materiales, wo er fehlt, erfolgte ein sofortiger Bruch. Bei Kanülen, die hier also eine große Zähigkeit zeigen, wäre es möglich, in der Praxis bei erfolgter Infraktion die Kanüle noch aus den Weichteilen heraus zu ziehen. Die Abbiegung der Kanüle erfolgte nur in einem Quadranten, d. h. von 0—90 Grad, erfolgte hier noch kein Bruch, wurde die Kanüle wieder gestreckt und evtl. erneut abgebogen usw. Dadurch entstehen Werte über 90 Grad (fett) oft bis zu 270 Grad und darüber in der mittelsten Kolonne. 180 Grad bedeutet also ein einmaliges Umbiegen bis zu 90 Grad und Wiederaufrichtung um weitere 90 Grad bis zum eventuellen Bruch.

Das unter den Tabellen stehende Maximum und Minimum bezieht sich auf die mittelste Kolonne, den Bruchwinkel. Zur Beurteilung einer Kanüle interessiert vor allem das Minimum ihrer Biegungsgrenze, das bei vielen, vor allem den Stahlkanülen, nicht viel über den Deformierungswinkel liegt. Es interessiert ferner der gleichmäßige Verlauf

der Höhe der ermittelten Werte, da daraus auf gleichmäßig und gut verarbeitetes Material geschlossen werden kann. Über die Lage der Bruchstelle selbst, die Art der Abbiegung und des Bruches, über seine Besonderheiten wird bei jeder Kanülensorte im Zusammenhang berichtet. Die Tabellen folgen zunächst unabhängig von dem Wert der Ergebnisse und ohne Beurteilung derselben, geordnet nach Fabrikat und Hersteller.

Tabelle 1.

Stahlkanüle ohne Naht (Fritz Freienstein).

Grad	17/42			Grad	1/42		
	30	90	30		20	55	—
	35	90	20		20	60	30
	30	65	—		20	**130**	—
	25	70	—		20	**120**	50
	25	70	—		15	60	—
	30	80	—		20	**130**	30
	30	75	—		20	50	20
	30	90	20		20	45	40
	35	90	10		20	40	10
	25	90	10		20	70	30
	20	80	10		20	60	50
	30	90	30		25	60	40
	20	85	70		20	55	20
	20	80	60		20	80	30
	15	**150**	60		20	**120**	—
	20	80	—		20	45	—
	20	75	—		20	50	10
	15	90	50		20	**110**	20
	20	75	—		20	60	40
	20	80	—		20	40	—
	15	90	40		20	**110**	—
	30	90	—		20	**100**	—
	20	90	60		20	70	20
	25	80	—		20	60	20
	max. **150**, min. 65				max. **130**, min. 40		

Tabelle 2.

Rostfreie Stahlkanüle ohne Naht (Freienstein).

Grad	17/42			Grad	1/42		
	30	60	30		25	30	—
	25	90	55		25	30	30
	35	**100**	60		20	28	40
	30	30	—		20	30	50
	30	60	20		25	40	50
	30	75	40		20	35	50
	35	60	50		20	50	40
	35	40	40		25	30	60
	35	80	60		25	45	50
	35	85	60		20	60	40
	30	75	55		20	28	40
	30	75	50		20	30	40
	30	70	50		25	50	30
	30	90	40		25	75	20
	35	80	50		25	40	30
	30	65	60		25	70	50
	35	80	—		25	35	20
	30	85	30		25	30	—
	30	40	—		25	70	—
	30	65	60		20	35	—
	30	90	—		25	80	—
	30	45	20		20	70	60
	30	85	50		20	70	50
	30	80	80		25	35	30
	max. **100**, min. 30				max. 80, min. 28		

Tabelle 3.

Rein-Nickel-Kanüle (Fritz Freienstein).

Grad	17/42			Grad	1/42		
	20	**230**	—		15	90	40
	15	**250**	—		10	**130**	100
	20	**260**	—		15	80	40
	18	**108**	—		10	**120**	—
	20	**250**	—		10	**115**	—
	15	**240**	—		10	**125**	—

Grad	17/42			Grad	1/42		
	15	**230**	—		10	**130**	—
	15	**245**	—		10	90	40
	15	**255**	—		10	**120**	—
	15	**195**	—		10	**130**	—
	18	**250**	—		15	90	40
	15	**240**	—		15	90	50
	15	**160**	100		15	**110**	—
	20	**170**	80		15	**130**	—
	20	**230**	—		15	80	50
	20	**240**	—		15	70	20
	15	**260**	—		10	80	20
	15	**220**	—		15	80	30
	20	**240**	—		10	**120**	50
	20	**250**	—		10	90	40
	20	**200**	—		10	**120**	—
	15	**270**	—		10	**120**	40
	15	**270**	—		15	90	50
	20	**180**	—		10	**120**	—
	max. **270**, min. **108**				max. **130**, min. 70		

Tabelle 4.

Ef. Ef. Be.-Nova-Kanüle (Freienstein).

Grad	17/42			Grad	1/42		
	30	80	50		20	30	40
	30	65	40		25	30	40
	35	65	60		20	35	50
	30	**150**	—		25	60	30
	30	50	50		25	30	45
	25	75	50		25	65	50
	30	50	10		20	25	50
	20	40	—		20	30	50
	25	55	30		20	30	50
	20	80	30		25	30	50
	25	90	50		25	40	60
	20	50	—		20	28	45
	35	45	—		20	70	50
	30	75	70		20	35	40

Grad	17/42			Grad	1/42		
	30	**170**	—		15	60	50
	30	90	60		20	65	30
	30	**160**	—		20	25	—
	30	85	70		20	25	30
	25	**170**	—		20	30	20
	30	40	30		20	30	20
	30	50	30		15	75	—
	30	**150**	—		20	35	—
	30	45	30		20	70	60
	25	**170**	—		20	35	50
	max. **170,** min. 40				max. 75, min. 25		

Tabelle 5

Kontrazid-Kanüle (Injekta, Berlin).

Grad	17/42			Grad	1/42		
	35	45	—		15	60	40
	25	55	40		10	55	40
	30	45	30		20	35	30
	35	50	20		15	30	40
	25	50	50		20	30	45
	25	45	30		15	40	40
	25	50	40		20	60	50
	25	60	70		20	35	30
	30	50	50		15	40	50
	25	40	50		20	60	40
	30	50	50		20	35	40
	30	45	—		15	60	40
	max. 60, min. 40				max. 60, min. 30		

Tabelle 6.

Nickelina-Kanüle (Injekta, Berlin).

Grad	17/42			Grad	1/42		
	30	80	60		20	70	30
	30	80	100		20	60	30
	30	80	90		15	75	25
	25	75	70		15	60	35
	25	**150**	—		20	55	30
	30	90	40		20	60	30
	20	**170**	—		20	75	30
	25	85	50		20	55	30
	25	80	65		20	60	35
	30	**160**	—		20	70	20
	25	90	50		15	50	35
	20	90	80		20	50	35
	max. **170**, min. 75				max. 75, min. 50		

Tabelle 7.

Vernickelte Stahlkanüle (Injekta, Berlin).

Grad	17/42			Grad	1/42		
	40	50	—		20	50	—
	30	55	30		25	55	20
	35	65	—		20	40	—
	40	55	—		20	45	30
	35	70	—		20	45	—
	30	75	—		20	85	30
	35	45	—		25	50	20
	30	60	50		20	35	30
	35	80	20		25	50	20
	30	**120**	—		20	50	—
	30	65	30		15	40	40
	30	65	30		20	50	30
	max. **120**, min. 45				max. 85, min. 35		

Tabelle 8.

Durochrom-Kanüle (Injekta, Berlin).

Grad	17/42			Grad	1/42		
	30	75	10		25	35	—
	35	90	20		25	60	10
	30	85	30		20	40	—
	30	**115**	—		20	40	—
	25	**130**	—		25	80	—
	35	60	—		25	40	—
	35	80	30		25	45	—
	25	**120**	—		20	40	20
	30	60	20		25	60	20
	25	**135**	—		25	45	—
	30	90	40		20	50	—
	30	**130**	—		25	50	—
	max. **135**, min. 60				max. 80, min. 35		

Tabelle 9.

Err.-Eff.-rostfreie Kanüle (Injekta, Berlin).

Grad	1/42			Grad	1/42		
	30	75	40		10	25	40
	25	60	50		15	30	40
	35	40	40		15	25	45
	25	70	50		20	30	50
	30	40	45		20	25	50
	25	60	50		20	25	40
	30	60	50		20	30	35
	25	70	40		15	25	40
	30	65	50		20	30	60
	25	70	40		20	30	50
	20	75	50		20	30	40
	30	40	50		20	30	40

Grad	17/42			Grad	1/42		
	25	35	40		20	30	35
	30	45	30		20	25	35
	25	40	50		20	28	40
	30	70	40		20	25	30
	30	45	50		20	40	20
	35	35	30		20	30	40
	30	80	50		15	28	40
	30	65	50		20	28	30
	25	70	40		20	25	30
	30	45	40		20	60	40
	30	75	40		20	25	30
	30	60	60		20	25	50
	max. 80, min. 35				max. 60, min. 25		

Tabelle 10.

Niko-Kanüle (E. Masarey, Berlin).

Grad	17/42			Grad	1/42		
	20	**160**	40		15	90	40
	20	**180**	40		15	80	20
	20	**170**	40		15	90	40
	15	85	80		15	80	50
	15	**130**	60		20	**120**	30
	15	**175**	90		15	90	50
	15	**170**	70		15	**125**	40
	15	150	50		20	80	40
	15	**150**	80		15	**130**	50
	20	**180**	40		15	80	30
	20	**130**	80		15	**115**	30
	20	**100**	90		20	**130**	70
	max. **180**, min. 85				max. **130**, min. 80		

Tabelle 11.

Niko-Dura-Kanüle (E. Masarey, Berlin).

Grad	17/42			Grad	1/42		
	30	90	40		20	60	20
	30	90	40		20	65	30
	30	90	50		20	65	40
	30	90	30		20	80	40
	25	80	50		20	75	40
	30	90	30		15	70	20
	30	75	30		20	60	30
	25	83	40		20	40	40
	30	80	50		20	40	50
	30	90	30		20	65	30
	30	80	50		20	80	30
	30	80	90		20	70	30
	max. 90, min. 75				max. 80, min. 40		

Tabelle 12.

Kontrazid-Kanüle (Akufirm, Frankfurt a. M.).

Grad	17/42			Grad	1/42		
	20	**225**	—		15	**190**	—
	25	**175**	—		20	**150**	—
	25	85	70		15	90	70
	20	**250**	—		20	**140**	—
	20	**240**	50		20	**140**	30
	25	**180**	—		15	85	50
	25	**250**	80		15	**140**	—
	20	90	80		15	**135**	—
	25	**160**	—		15	**130**	—
	20	**140**	—		15	85	40
	20	80	60		15	**150**	—
	25	**150**	—		15	80	40
	max. **250**, min. 80				max. **190**, min. 80		

Tabelle 13.

Durinox-Kanüle (Injekta, Berlin).

Grad	17/42			Grad	1/42		
	30	40	40		20	30	90
	35	55	—		25	30	50
	30	35	—		25	30	70
	30	50	20		25	35	80
	30	35	40		20	30	40
	30	60	50		20	35	50
	30	75	50		20	30	60
	35	70	30		25	30	70
	30	50	—		20	35	80
	25	65	50		20	25	60
	35	65	50		20	30	40
	35	70	—		25	60	50
	30	75	40		20	25	50
	30	40	35		15	23	30
	30	78	55		20	30	55
	30	65	60		20	28	40
	25	80	50		20	30	60
	25	75	50		20	35	50
	20	80	40		20	25	40
	25	88	50		20	25	50
	25	75	70		20	33	50
	25	80	40		20	23	50
	20	35	55		20	25	60
	20	75	40		20	28	40
	max. 88, min. 35				max. 35, min. 23		

Tabelle 14.

Chromstahl-Kanüle (Akufirm, Frankfurt a. M.)

Grad	17/42			Grad	1/42		
	25	40	—		20	25	—
	25	30	—		20	30	—
	20	30	—		20	33	—
	25	30	—		15	33	—
	25	30	—		20	30	—
	25	30	—		20	35	—
	20	30	—		20	30	—

Grad	17/42			Grad	1/42		
	20	30	—		20	30	—
	25	30	—		20	25	—
	25	30	—		20	28	—
	25	35	—		15	27	—
	25	35	—		20	30	—
	25	28	—		20	28	—
	25	30	—		15	25	—
	25	28	—		15	27	—
	25	35	—		15	30	—
	20	30	—		20	25	—
	20	33	—		20	28	—
	20	30	—		15	30	—
	25	35	—		15	25	—
	25	28	—		15	30	—
	25	28	—		15	33	—
	20	30	—		15	30	—
	25	30	—		15	28	—
	25	35	—		15	30	—
	20	28	—		15	30	—
	max. 40, min. 28				max. 35, min. 25		

Tabelle 15.

V2A-Stahl-Kanüle (Akufirm, Frankfurt a. M.).

Grad	17/42			Grad	1/42		
	30	**255**	—		20	**150**	50
	20	**315**	—		20	**113**	150
	20	**340**	—		20	**130**	190
	30	**270**	—		20	**135**	130
	25	**230**	—		15	**150**	100
	25	**340**	—		20	**140**	150
	30	**330**	—		20	**140**	170
	25	**340**	—		20	**130**	180
	25	**350**	—		20	**135**	195
	25	**350**	—		15	**140**	180
	20	**305**	—		15	**150**	60
	25	**200**	—		20	**140**	170
	25	**350**	—		15	**150**	70
	20	**340**	—		20	**140**	120
	20	**320**	—		15	**145**	120

Grad	17/42			Grad	1/42		
	15	**345**	—		15	**135**	120
	20	**320**	—		15	**130**	140
	20	**350**	—		15	**135**	130
	20	**330**	—		10	**140**	100
	25	**345**	—		15	**135**	40
	20	**345**	—		15	**145**	170
	20	**340**	—		20	**140**	100
	20	**330**	—		15	**130**	120
	20	**335**	—		15	**135**	140
	max. **350**, min. **200**				max. **150**, min. **130**		

Tabelle 16.

Karsen-Gold-Kanüle (Schwenn, Hamburg).

Grad	17/42			Grad	1/42		
	40	**100**	40		25	90	—
	50	**100**	70		25	**135**	—
	40	90	50		20	**120**	50
	40	**110**	30		25	**130**	—
	45	90	50		20	**125**	—
	40	**105**	45		25	**125**	—
	30	90	60		25	**110**	—
	30	90	45		20	**125**	50
	30	**160**	—		20	90	30
	25	90	55		20	90	35
	40	**100**	50		25	**130**	40
	30	**170**	45		20	**125**	40
	40	**160**	50		20	**120**	30
	30	**170**	70		15	90	30
	40	**120**	—		20	**130**	100
	35	**160**	—		20	**135**	80
	35	**170**	20		20	**100**	30
	40	90	40		25	**135**	80
	35	**130**	—		20	90	30
	30	**175**	—		20	**140**	50
	35	**175**	50		25	**130**	—
	35	**160**	70		25	**120**	—
	30	90	50		25	90	30
	40	**100**	40		20	**125**	—
	max. **175**, min. 90				max. **140**, min. 90		

Tabelle 17.

Zusammenstellung.

Nr.	Bezeichnung Fabrikat	17/42 Min. i. Grad	17/42 Max. i. Grad	1/42 Min. i. Grad	1/42 Max. i. Grad
1	V2A-Stahl-Kanüle (Akufirm) Ernst Kratz, Frankfurt a.M.	**200**	**350**	**130**	**150**
2	Rein-Nickel-Kanüle Fritz Freienstein, Berlin	**108**	**270**	70	**130**
3	Karsen-Gold-Kanüle Schwenn, Hamburg	90	**175**	90	**140**
4	Niko-Kanüle E. Masarey, Berlin	85	**180**	80	**125**
5	Kontrazid-Kanüle (Akufirm) Ernst Kratz, Frankfurt a.M.	80	**250**	80	**190**
6	Nickelina-Kanüle Injekta A.-G. Berlin	75	**170**	50	75
7	Nikodura-Kanüle E. Masarey, Berlin	75	90	40	80
8	Stahlkanüle ohne Naht Fritz Freienstein, Berlin	65	**150**	40	**130**
9	Durochrom-Kanüle Injekta A.-G. Berlin	60	**135**	35	80
10	Vernickelte Stahlkanüle Injekta A.-G. Berlin	45	**120**	35	85
11	Kontrazid-Kanüle Injekta A.-G. Berlin	40	60	30	60
12	Ef. Ef. Be. Nova-Kanüle Fritz Freienstein, Berlin	40	**170**	25	75
13	Durinox-Kanüle Injekta A.-G. Berlin	35	88	25	60
14	Err. Eff. rostfreie Stahlkanüle Injekta A.-G. Berlin	35	80	25	60
15	Rostfreie Stahlkanüle Fritz Freienstein, Berlin	30	**100**	28	80
16	Chromstahl-Kanüle Ernst Kratz, Frankfurt a.M.	28	40	27	35

Die Betrachtungen der Tabellen im einzelnen und die Beurteilung der einzelnen Ergebnisse zeigt folgendes: Tabelle 1 zeigt die gewöhnliche Stahlkanüle. Der Bruch dieser Kanüle ist typisch für alle Stahlkanülen, er erfolgt mit plötzlichem, unerwartetem Ruck, oft mit einem deutlich hörbarem Knacks. Häufig ist sofortige vollständige Kontinuitätstrennung. Der Bruch erfolgt mit ziemlicher Regelmäßigkeit in der Nähe eines Wertes von 90 Grad, zeigt aber in den Werten für die Kanüle 1/42 sehr starke Schwankungen. Hier ist der anfängliche Widerstand beim Abbiegen sehr groß, es erfolgt bei 40—50 Grad eine Kompression der Kanüle an der Biegestelle, dann erfolgt leichtes Weiterbiegen bis zum endgültigen Bruch. Die Werte der Tabelle 2 liegen durchweg ein wenig tiefer, die rostfreie Stahlkanüle zeigt also eine größere Bruchfreudigkeit.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei der Nickel-Kanüle der Tabelle 3. Der Unterschied zwischen den verschiedenen Materialien Stahl und Nickel geht aus den Werten besonders deutlich hervor. Der Federungswinkel der Nickelkanüle ist gering, d. h. schon bei geringer Abbiegung tritt ihre Deformierung ein. Der Bruch selber erfolgt in ganz anderer Form. Die Kanüle erlaubt ein zweimaliges Knicken um 90 Grad, und es ist schwierig den endgültigen und klaren Bruch genau festzustellen, da er in weicher, langsamer, zäher Form, oft zwischen 10—15 Grad schwankend, erfolgt. Es ist möglich, daß ein leichter Einriß der Kanüle schon vor dem festgestellten Bruch erfolgt. Die Kanülen wurden daher bis zur endgültigen Kontinuitätstrennung abgebogen. Weniger günstig sind die Ergebnisse der Tabelle 4 zu beurteilen. Der Bruch erfolgt hier ganz unberechenbar und plötzlich. Zum Teil sehr hohen Werten in der mittelsten Kolonne stehen sehr geringe Werte gegenüber. Gegenbeispiel ist Tabelle 5, wo trotz geringer Höhe der Werte der Bruch glatt und übersichtlich im geringen Spielraum fast immer an derselben Stelle erfolgt. Die Ergebnisse sind als außerordentlich gleichmäßig zu bezeichnen Tabelle 6, Tabelle 7, Tabelle 8 zeigen die durchschnittlichen Werte der meist gebräuchlichen Kanülen. Sehr gering wird das Minimum des Bruchwertes bei Tabelle 9 und 13, es wurden daher hier je 24 Stück untersucht. Gerade diese Kanülen zeichnen sich aus durch große Sprödig-

keit. Günstiger werden die Ergebnisse bei Tabelle 10 und Tabelle 11. Die Niko-Kanüle zeigt einen weichen, lautlosen Einriß bei hohen Werten, eine späte Kontinuitätstrennung und einen sehr zähen Zusammenhang. Kolonne 3 gibt daher nur ungefähre Werte. Klar und übersichtlich sind auch die Ergebnisse von Tabelle 12. Das ungünstigste Ergebnis zeigt Tabelle 14, wo mit großer Regelmäßigkeit der Bruch schon bei geringem Überschreiten des Federungswinkels mit plötzlichem, heftigem Ruck erfolgte, mit sofortiger Kontinuitätstrennung, oft so, daß das Bruchstück in weitem Bogen davonsprang. Tabelle 15 zeigt wieder ein außerordentlich geeignetes Material, den V2A-Stahl. Bei diesem zähen Material erfolgt der Bruch mit großer Regelmäßigkeit. Beim dritten oder vierten Wiederaufrichten von 90 Grad in immer gleicher Form, langsam, oft zwischen 10—15 Grad schwankend. Die Werte der dritten Kolonne waren schlecht kontrollierbar. Manchmal erfolgte sofortige Kontinuitätstrennung, manchmal waren die Kanülen aber erst nach mehrmaligem Drehen oder Zupfen zum Abreißen zu bringen. Auch die Karsen-Gold-Kanüle (Tabelle 16) zeigt gute hohe und regelmäßige Verhältnisse. Trotz großer Federkraft der Kanüle erlaubt sie meist ein beträchtliches Überschreiten von 90 Grad, der Bruch ist deutlich wahrnehmbar, die Kontinuitätstrennung erfolgt nach kurzem Weiterbiegen.

Als Folgerung aus den Tabellen insgesamt ist nun auf folgendes hinzuweisen: Bemerkenswert ist die Verschiedenheit der Ergebnisse gleicher Materialien von verschiedenen Fabrikaten. Sie beweist sich z. B. an den Kontrazid-Kanülen während die Kontrazid-Kanüle von Akufirm an fünfter Stelle der Tabelle 17 steht mit dem maximum von 250 Grad sogar einen ausgezeichneten Wert zeigt, kommt die Kontrazid-Kanüle von Injekta erst an elfter Stelle. Die Härtung der letzteren ist außerordentlich, der Bruch erfolgt mit so großer Plötzlichkeit, wie der der härtesten Stahlnadel, es fehlt dieser Injekta - Kanüle also leider die für eine Leitungs-Anästhesie nötige Geschmeidigkeit. Ähnlich ist wiederum die Sprödigkeit der Chrom-Stahl-Kanüle von Akufirm, die gegenüber der Durochrom-Kanüle von Injekta mit den als ganz gut zu bezeichnenden Werten von 60—135 Grad schlechte Ergebnisse gibt.

Bei manchen Kanülen, vor allem bei Kanülen mit sprunghaften ungleichmäßigen Ergebnissen des Bruchwertes kommt oft ein plötzlicher, unerwarteter Bruch bei besonders niedrigem Winkel vor. Auch die Nickel-Kanüle Tabelle 3 zeigt bei hohen Werten zwischen 180 und 270 Grad plötzlich schon einen Bruch bei 108 Grad. Ebenso bei der Niko-Kanüle (Tabelle 10) bricht eine Kanüle schon bei 85 Grad. Hinzuweisen ist ferner auf die vierte Zeile der Tabelle 2, wo schon nach kaum meßbarem Überschreiten des Federungswinkels ein Bruch mit sofortiger Kontinuitätstrennung erfolgte. Auch in anderen Tabellen, vor allem bei Stahlkanülen, zeigt sich ein derart geringer Spielraum. Daraus folgt: Bei diesen Kanülen schließt schon geringes Überschreiten der Federung die Bruchmöglichkeit in sich.

Bei der Karsen-Gold-Kanüle erfolgte in zwei Fällen ein Splitterbruch, d. h. die Kanüle platzte an der Bruchstelle in ihrer Länge auseinander, die Bruchenden splitterten sich auf und sahen nach vollständiger Trennung ungefähr folgendermaßen aus:

Solche Splitterbrüche zeigten ferner die Kanülen der Tabelle 2, der Tabelle 9. Daß solche Unregelmäßigkeiten das Gesamtergebnis und die Beurteilung der Kanüle herabdrücken, ist klar.

Es kann andererseits auch vorkommen, daß eine Kanüle eines sonst zu raschem und plötzlichem Bruch neigenden Fabrikates die üblichen und erwartungsgemäßen Werte übersteigt, daß es oft sogar der Mühe bedarf, eine solche Kanüle im Ausnahmefall zum Bruch zu bringen. Beispiele von solchen Fällen einzelner großer Widerstandskraft zeigen die Tabelle 1, die Tabelle 4, die Tabelle 6 und die Tabelle 7. Für eine graduelle Beurteilung und Einteilung der Kanülen ist der Minimalwert ausschlaggebend, da gerade in der Praxis durch unglückliches Zusammentreffen eine solche weniger belastungsfähige Kanüle erhöhter Beanspruchung ausgesetzt sein kann.

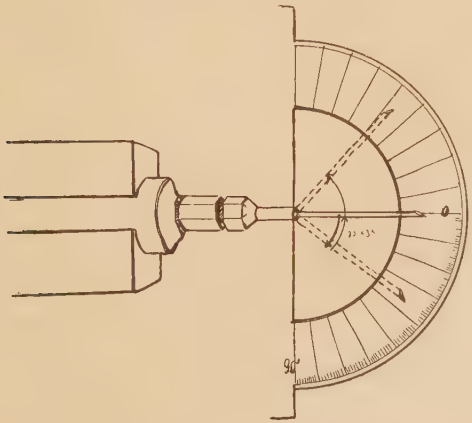
Es fällt weiter bei der Betrachtung der Ergebnisse der Tabellen der Unterschied zwischen Kanüle 1 (0,9 mm) und

Kanüle 17 (0,47 mm) auf, und man muß feststellen, daß hier ohne Ausnahme die Kanüle Nr. 1 eher bricht, d. h. sowohl im Maximum wie im Minimum geringere Werte zeigt als die Kanüle Nr. 17. Die Erklärung ist nicht schwer, die Dicke des Stahlrohres, der größere Durchmesser der Nadel ergibt für die starke Kanüle an der Bruchstelle ganz andere Verhältnisse. Es ist eine bekannte Tatsache, daß die Zähigkeit und Biegefähigkeit selbst spröder Materialien in feinen Drähten oder Fäden bedeutend größer ist als die der kompakten Masse. Glas, in feinsten Fäden gesponnen, wird fast unzerbrechlich, orthodontische Federchen, Goldfolien und andere Beispiele zeigen dasselbe. Bei der Kanüle ist es ähnlich, sie zeigt als geschlossenes Rohr bei der Biegung auf der Außenseite des Biegungswinkels eine Dehnung der Kanülenwand, je größer der Quotient für die Dehnung des Materials ist, desto später erfolgt hier ein Einriß. Bei der stärkeren Kanüle ist diese Dehnung desselben Materials bei gleichbleibendem Dehnungskoeffizient schon eher erreicht, es wird also der Winkel geringer sein, bei dem der erste Einriß erfolgt. Damit wird die Forderung mancher Autoren (Hönig, Williger) nach der starken Kanüle hinfällig. Der Bruch der starken Kanüle, vor allem der Stahlkanüle erfolgt bedeutend eher als der der dünnen. Wohl sind die hierzu nötigen Kräfte größer, diese sind aber aus schon oben beschriebenen Gründen in manchen Fällen bei der Ausführung der Anästhesie vorhanden, die Bruchgefahr ist bei der starken Kanüle unbedingt größer, es folgt daraus ihre Ablehnung.

In Tabelle 17 sind die Kanülen geordnet nach dem Minimum des Bruchwertes für die Kanüle Nr. 17/42: Es steht hier an erster Stelle die V2A-Kanüle. Auf ihre große Zähigkeit ist schon hingewiesen, dabei zeigt sie sich im Gebrauch hart genug, um sich nicht allzu leicht zu verbiegen. Sie ist also für unsere Zwecke als außerordentlich geeignet zu bezeichnen. Selbst leichte Deformierungen hält sie aus, ohne daß ihre Bruchgefahr steigt. Dagegen erfordert die Weichheit des Materials der zweiten Kanüle (Rein-Nickel) eine außerordentlich vorsichtige Behandlung, sie ist leicht deformierbar, trotzdem aber von großer Bruchfestigkeit. Von der Karsen-Gold-Kanüle und der Niko-Kanüle ist zu sagen, daß ihre Ergebnisse sehr befriedigen, vor allem ist

ihre ausgezeichnete Federhärte verbunden mit ihrer Bruchfestigkeit zu erwähnen. Auch die Kontrazid-Kanüle ist noch befriedigend in ihren Ergebnissen, sie zeigt als erste in der Reihe vor allem die außerordentliche Federhärte, verbunden mit der großen Spitzenschärfe des Stahles, ohne dessen Nachteile in bezug auf die Bruchfestigkeit zu haben. Wesentlich ist dabei der Vorteil der Ausglühbarkeit und der langen Lebensdauer. Die Kanülen stufen sich weiter ab über die Kanülen mit mittleren Werten bis zu den Kanülen mit unsicheren Werten, die alle für die besonderen Zwecke der Leitungs-Anästhesie als ungeeignet zu bezeichnen sind.

Es soll noch berichtet werden über eine Reihe von Kontrollversuchen, die aus folgenden Überlegungen angestellt wurden: Die Kanüle wurde bei den ersten Versuchen stets in einem Quadranten von 0—90 Grad über dem Ansatzstück abgebogen. Es entsprach diese maximale Abbiegung unserm Bestreben, das Material strengstens und vor allem einwandfrei meßbar und immer gleichmäßig zu prüfen. Die Beanspruchung der Kanüle in der Praxis ist eine andere. Es kommt hier sehr häufig vor, daß die Kanüle leicht abgebogen und dann wieder gestreckt wird. Wir griffen die bei der Beurteilung am besten dastehende V2A-Kanüle und die Nickel-Kanüle, von den schlecht beurteilten die Chromstahl-Kanüle und zwei Stahlkanülen von Freienstein heraus, und untersuchten je 12 Stück der Stärke 17 (0,47) in folgender Versuchsanordnung:



Die Kanüle wurde wieder über der Skala des Winkelmessers abgebogen, und zwar erst von 0—30, bei den Kanülen die eine stärkere Abbiegung vertrugen auch bis zu 50 oder 60 Grad, dann über 0 Grad zurück in den anderen Quadranten wieder bis zu 30 oder 50 Grad geführt. So erfolgte Abbiegung und Streckung. Die Anzahl der Winkel wurde gezählt und ergibt Tabelle 18, 19, 20, 21, 22.

Tabelle 18.

V2A-Stahlkanüle (Akufirm).

Summe	1.	2.	3.	4.	5.	6. Quadrant
180	45+45	45+45				
190	45+45	45+45	10			
210	40+40	40+40	40+10			
200	20+20	20+20	20+20	20+20	20+20	
310	30+30	30+30	30+30	30+30	30+30	10
270	30+30	30+30	30+30	30+30	30	
180	45+45	45+45				
200	40+40	40+40	40			
360	30+30	30+30	30+30	30+30	30+30	30+30
320	40+40	40+40	40+40			
270	30+30	30+30	30+30	30+30	30	
240	30+30	30+30	30+30	30+30		

Tabelle 19.

Rein-Nickel-Kanüle (Freienstein).

Summe	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Quadrant
225	45+45	45+45	45				
230	45+45	45+45	50				
205	30+30	30+30	30+30	25			
190	30+30	30+30	30+30	10			
220b	45+45	45+45	40				
230	45+45	45+45	50				
260	20+20	20+20	20+20	20+20	20+20	20+20	20
200	30+30	30+30	30+30	20			
265	45+45	45+45	45+40				
230	45+45	45+45	50				
200	30+30	30+30	30+30	20			
130	45+45	40					

Dieser Kontrollversuch ist bei den weichen Kanülen klar durchzuführen. Je kleiner der Winkel ist, in dem die Kanüle nach rechts, über 0 zurück nach links gebogen wird, desto häufiger erlaubt sie diese Abknickung. Die Summe aller Winkel hält sich aber zwischen denen bei maximaler Abknickung ermittelten Werten.

Bei den nun folgenden Stahlkanülen gestaltete sich der Versuch etwas anders. Einige Kanülen brachen schon bei Erreichung des Minimums ihrer Abknickung, ehe ein Wiederaufrichten erfolgen konnte. Infolge ihrer hohen Federkraft war es oft schwierig, ohne sofortigen Bruch eine meßbare Deformierung zu erreichen.

Tabelle 20.

Stahlkanüle ohne Naht (Freienstein).

Summe	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Quadrant
120	20+20	20+20	20+20				
110	30+30	50					
110	20+20	20+20	20+10				
170	30+30	10+10	30+30	40			
90	30+30	30					
85	30+30	25					
170	30+30	20+20	30+30	10			
110	30+30	50					
90	40+40	10					
170	30+30	20+20	30+30	10			
70	30+20	10					
60	60						

Tabelle 21.

Rostfreie Stahlkanüle ohne Naht (Freienstein).

Summe	1.	2.	3.	4.	5.	6. Quadrant
100	15+15	20+20	30			
30	30					
125	15+15	20+20	20+20	15		
35	35					
85	15+15	20+20	15			
160	20+20	20+20	20+20	20+20		
35	35					
110	20+20	20+20	30			
115	20+20	20+20	35			
120	30+30	10+10	40			
115	20+20	10+10	20+20	15		
130	20+20	10+10	20+20	30		

Man sieht besonders aus dieser Tabelle, daß dort, wo bei vorsichtigem Abbiegen die Kanüle nicht vorzeitig brach, das Maximum des Bruchwertes erreicht oder überschritten wurde.

Tabelle 22.

Chrom-Stahlkanüle (Akufirm).

Summe	1.	2.	3.	4.	5.	6. Quadrant
30	20+10					
35	25+10					
55	25	10+10	10+5			
25	25					
25	10+10					
30	5+5	5+5	10			
55.	10+10	10+10	15			
30	30					
30	20+10					
50	5+5	10+10	20			
30	30					
50	5+5	5+5	5+5	5+5	5+5	

Diese Tabellen zeigen, daß bei dieser andersartigen Beanspruchung der Kanüle die Summen der Werte auch nicht

anders ist, als die der maximalen Abbiegung. Die bruchfreudigen Kanülen zeigen allerdings schon vor Erreichung ihres Bruchminimums der früheren Tabellen einen vorzeitigen Bruch. Es folgt daraus wieder ihre Ablehnung für unsere Zwecke.

Es wäre noch auf die Verpackung der Kanülen hinzuweisen, die oft Grund zu Beanstandung gab. Die Kanülen stecken zu je sechs in einem mit einem Korken verschlossenen Röhrchen. Diese Röhrchen haben oft verschiedene, nicht der Länge der Kanüle entsprechende Größe, so daß bei einigen Röhrchen, z. B. der Karsen-Gold-Kanüle, der Korken fest auf die Kanüle geschoben war, die dadurch gegen die untere Glaswand gestaucht wurden. Solche Fehler können eine Kanüle am Konus und vor allem an der Spitze sehr beschädigen. Empfehlenswert wäre auch eine Einbeziehung der Kanülen in eine amtliche Prüfung der Spritzen, wie sie Stelzner schon 1926 empfahl. Es sollen bei diesen Prüfungen nur Spritzen als geeignet bezeichnet werden, deren Conen und Nadeln genau der Normung entsprechen. Wichtig wäre weiter eine in bestimmten Zeitabständen vorgenommene Untersuchung über die gleichbleibende Güte und Qualität des Materials. Es ist Erfahrungstatsache, daß sich bei industriellen Erzeugnissen oft grobe Schwankungen vollziehen, die gerade hier, bei wichtigen ärztlichen Instrumenten, rechtzeitig erkannt werden müssen. Einige Fabriken (Injekta, Akufirm), teilten mit, daß sie ihre Fabrikate an Stichproben in besonders konstruierten Biege- und Bruchapparaten einer Prüfung unterziehen. Diese Kontrolle wäre allgemein wünschenswert. Nach unseren Erfahrungen haben sich hier Änderungen vollzogen, die wir an einigen, lange aufbewahrten Kanülen auch kurz nachprüfen konnten. Die Karsen-Gold-Kanüle z. B. zeigt neuerdings eine größere Sprödigkeit, sie war früher weicher und bruchfester als bei unseren Versuchen hier gefunden wurde, während die Zähigkeit der V2A-Stahl-Kanüle sicher zugenommen hat.

Zum Begriff des oft zitierten Materialfehlers ist folgendes zu sagen: Echte Materialfehler sind sehr selten. Die Firmen betonen mit Recht, daß ein solcher bei der strengen Bearbeitung des Rohres — die Kanülen werden aus einem durchlaufenden Rohr gezogen und geschnitten —

sicher zutage treten würden. Liegt aber wirklich ein Materialfehler vor (Splitterbruch), ist es vielleicht möglich, denselben an der Bruchstelle nachzuweisen. Es ist daher wichtig, das Bruchstück aufzuheben. Zufällig fiel mir eine Packung einer durch längeres Lagern im Depot mit starkem Rostansatz versehenen Stahlkanüle Nr. 17/42 in die Hände. Drei Dutzend dieser Kanülen wurden der gleichen Prüfung unterzogen wie die intakte Kanüle, das Ergebnis ist folgendes:

Tabelle 23.

Stahlkanüle ohne Naht (Freienstein) 17/42.

Grad			Grad			Grad		
25	74	—	25	70	20	30	60	15
30	65	30	25	75	20	25	60	—
30	55	—	30	60	—	30	45	—
25	40	—	25	90	20	30	50	—
25	65	40	30	70	—	30	65	30
25	68	60	30	75	50	25	65	60
35	65	40	35	60	40	30	60	50
30	70	50	35	60	40	30	68	40
25	85	—	25	90	60	25	75	—
25	75	50	25	60	70	30	65	—
30	60	40	30	50	—	25	70	50
30	60	60	25	75	30	25	80	—

maximum 90 Grad minimum 40 Grad

Es zeigte sich, daß nicht ein einziger als anormal oder besonders früh zu bezeichnender Bruch erfolgt ist. Der Rostansatz hat das Ergebnis noch nicht beeinflußt, weil er noch nicht so tief, daß dadurch eine Schwächung der Kanüle erfolgen konnte. Rostansatz ist nicht als Materialfehler zu bezeichnen, echte Materialfehler haben wir nicht gefunden.

Zusammenfassend ist folgendes festzustellen: Von einer als für die Mandibular-Anästhesie geeignet zu bezeichnenden Kanüle muß u. a. verlangt werden, daß sie bruchfest ist. Als bruchfest sind die Kanülen zu bezeichnen, die bei unseren Versuchen als Minimum des Bruchwinkels 90 Grad ergeben haben. Für ein Maximum gibt es keine Grenzen,

soweit es sich mit einem gebrauchsfähigen Material vereinigen läßt. Dieser Anforderung genügen die V2A-Stahlkanülen, die Nickel-Kanülen und die Karsen-Gold-Kanülen. Alle anderen Kanülen scheiden schon wegen der Bruchgefahr aus. Außerdem verbietet sich auch wegen der Rostgefahr die Verwendung der Kanülen Tabelle 17 Nr. 8—16 zum Teil, wie oben ausgeführt wurde.

Zwei weitere Forderungen, die an eine gute Kanüle gestellt werden müssen, sind schwer zu vereinigen: Bruchsicherheit und Haltbarkeit der Spitzenschärfe. Zu unterscheiden ist zwischen zwei Arten des Stumpfwerdens: Es kann eine Abknickung der äußersten fein ausgezogenen scharfen Spitze erfolgen, ein Fall, der bei zu heftigem Aufsetzen auf den Knochen leicht eintreten kann, und es kann ein allgemeines Stumpferwerden der ganzen Schnittfläche der schräg abgeschliffenen Kanüle eintreten. Der erstere Fall, den man leicht nachprüfen kann dadurch, daß man die Kanüle durch einen Wattebausch zieht, macht die Kanüle zum weiteren Gebrauch untauglich, da beim Einstich Gewebszerreißungen gesetzt werden. Das gegen den zweiten Fall der Stumpfheit von Fischer für die früher gebräuchlichen sehr teuren Platin-Iridium-Kanülen empfohlene Anschleifen mit einer feinen Karorundscheibe bewährt sich nicht. Es sind dies aber zwei Fehler, die zu erkennen und auszuschalten man in der Hand hat. Bei vorsichtiger Technik, Vermeidung jeden allzu scharfen Aufstoßens der Kanüle auf den Knochen, richtiger Behandlung der Kanüle bei der Sterilisation ist auch eine weiche Kanüle u. U. lange scharf zu halten.

Eine Prüfung der Spitzenschärfe fand jedoch in dieser Arbeit nicht statt. Sie müßte gesondert erfolgen, um aus Bruchsicherheit und Spitzenhaltbarkeit die für die Praxis beste Kanüle zu ermitteln.

Literatur-Verzeichnis

Adrion-Hönig: Die Stammanästhesie des nervus maxillaris. Deutsche Monatsschr. für Zahnheilkunde 1925, Heft 10.

Bade: Über einen Fall von Hemiplagie und Aphasie nach Verletzung der linken carotis interna, bei dem Versuch, eine bei einer Mandibular-Anästhesie abgebrochene Nadel zu entfernen. Deutsche Monatsschrift für Zahlheilkunde 1911.

Blum: Fünfzig Fälle von Fremdkörpern in der Kieferregion. the dental Cosmos 1921.

Blum: a report one hundert cases of hypodermic needles broken during the administration of oral local Anästhesie. the dental Cosmos 1925, Nr. 7.

Euler: Zahnextraktion und ihre Schmerzverhütung, diagnostische und therapeutische Irrtümer und deren Verhütung. Breslau 1925.

Fischer: Örtliche Betäubung in der Zahnheilkunde, Berlin 1920.

Fischer: Die Gefahrenquellen auf dem Gebiete der Local-Anästhesie. Schweizer Monatsschrift für Zahnheilkunde 1925, Nr. 6.

Fischer: Local-Anästhesie in „Fortschritte der Zahnheilkunde" 1926/1928/1930.

Geisel: Folgeerscheinungen nach zahnärztlicher Leitungs-Anästhesie. Med. Dissertation 1926 Frankfurt a. M.

Greve: Vergleichende experimentelle Untersuchungen mit verschiedenen der für die Leitungs-Anästhesie am Unterkiefer gebräuchlichen Kanülen. Zahnärztliche Rundschau 1923, Nr. 27/28, Nr. 29/30.

Greve: Epikrise zu einem Todesfall nach Zahnextraktion.

Hönig: Über Nadelbruch bei Mandibular-Anästhesie. Deutsche Monatsschr. für Zahnheilkunde 1931, Nr. 7.

Hubmann: Zur Anwendung der Mandibularinjektion in der zahnärztlichen Privatpraxis. Zahnärztliche Rundschau 1931, Nr. 7.

Kapper: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Mandibular-Anästhesie. Zahnärztl. Rundschau 1927, Nr. 15.

Kantorowicz: Die Gefahren der localen Anästhesie und ihre Vermeidung. Zahnärztliche Rundschau 1925, Nr. 26.

Lewitt: Broken needles in mandibular injektions. the dental Cosmos 1929, Nr. 1.

Lichtwitz: Eine stabile Nadel für die Mandibular-Injektion. Zahnärztliche Rundschau 1931, Nr. 8.

Loos: Klinisches und Forensisches über das Abbrechen von Injektionsnadeln. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1929.

Meier: Schadenzufügung und Haftung in der zahnärztlichen Praxis. Zahnärztl. Rundschau 1927, Nr. 9.

Meyer: Ein Gutachten über Kanülenfraktur. Breslau Juni 1929.

Mielke: Zur Beurteilung von Schädigungen nach Local-Anästhesie nach zahnärztlichen Eingriffen. Med. Dissertation, Breslau 1930.

Misch: Forensische Zahnheilkunde. Fortschritte der Zahnheilkunde 1927/1929.

Moral: Klinik der Zahn- u. Mundkrankheiten. Berlin 1928.

Moral: Die Stamm-Anästhesie im Ober- und Unterkiefer. Berlin 1930.

Müller: Abbrechen von Injektionsnadeln bei zahnärztlichen Operationen. Med. Diss. Breslau 1926.

Neumann: Führer durch die operative Zahnheilkunde. Berlin 1929.

Neumann: Über das Abbrechen von Injektionsnadeln. Korrespondenzblatt für Zahnärzte 1931, Nr. 1.

Nobbs: Feststellung einer abgebrochenen Nadel im Gewebe. the dental Cosmos 1925, Nr. 7.

Ott: Die Nadelfraktur. Dissertation 1920, Frankfurt a. M.

Präger: Einführung in die zahnärztliche Operationslehre. Leipzig 1926.

Port-Euler: Lehrbuch der Zahnheilkunde.

Reisky: Die Gefahren der Anästhesie in der Zahnheilkunde. Med. Dissertation 1927 Breslau.

Rothe: Über Bruch von Injektionsnadeln bei zahnärztlichen Arbeiten. Med. Dissertation 1921 Berlin.

Ritter: Rechte, Pflichten und Kunstfehler in der Zahnheilkunde.

Ritter: Schwere Folgen des Abbrechens einer Injektionsnadel. Zahnärztliche Rundschau 1930, Nr. 46.

Seidel: Die Mandibular-Anästhesie. Deutsche Zahnheilkunde in Vorträgen herausgegeben von Witzel.

Sicher: Anatomie und Technik der Leitungsanästhesie Berlin 1920.

Tandler: Anatomie für Zahnärzte.

Stelzner: Über die amtliche Prüfung von Injektionsspritzen. Med. Klinik 1926, S. 1705.

Peters: Zur Vermeidung der üblen Folgen beim Abbrechen einer Injektionsnadel. Zahnärztl. Rundschau 1931.

Türkheim: Eine Modifikation der Mandibular-Anästhesie. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1913 H. 6.

Trebitsch: Die Anwendung der Mandibular-Anästhesie in der zahnärztlichen Privatpraxis. Zahnärztl. Rundschau 1931, Nr. 8.

Williger: Zwei Fälle von Abbruch einer Nadel bei der sogenannten Mandibularinjektion. Korrespondenzblatt für Zahnärzte 1915.

Williger: Zwei weitere Fälle von Abbruch einer Jnjektionsnadel. Korrespondenzblatt für Zahnärzte 1916.

Witzel: Gebogene Kanülen zur Injektionsanästhesie. Zahnärztliche Rundschau 1925, Nr. 46.

Lebenslauf

Am 3. Januar 1908 wurde ich, Hans Ludwig Fielitz, in Hoyerswerda als Sohn des Amtsgerichtsrat Wilhelm Fielitz und seiner Frau Minni, geb. Heidemann, geboren.

Ich besuchte nach dreijähriger Vorschulzeit das Reformrealgymnasium in Bunzlau, von Ostern 1917 bis Ostern 1926, wo ich nach neunjähriger Schulzeit das Abiturientenexamen bestand.

Hierauf widmete ich mich dem Studium der Zahnheilkunde an der Universität Heidelberg; nach viersemestrigem Studium machte ich dort mein Vorexamen. Ich studierte dann vier klinische Semester an der Universität Berlin und bestand dort im August 1930 mein zahnärztliches Staatsexamen.

Nach kürzerer praktischer Tätigkeit in schlesischen Städten und in Dresden arbeite ich jetzt bei Herrn Dr. Schroedter, Bunzlau, als dessen Assistent.

Hans Fielitz.